

**Untersuchungen über die Ermüdung
des Zahnarztes während seiner Tätigkeit
durch Reaktionszeitmessungen**

von

Friedrich Kieltsch

aus

Lenggries/Obb.

1968



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
(Vorstand: Prof. Dr. A. Kröncke)
der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Prof. Dr. Dr. G. Steinhardt)

Untersuchungen über die Ermüdung des Zahnarztes während seiner Tätigkeit durch Reaktionszeitmessungen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Friedrich Kieltsch

aus

Lenggries/Obb.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. A. Kröncke
Referent: Univ. Doz. Dr. Dr. R. Harndt
Correferent: Prof. Dr. A. Kröncke

Tag der mündlichen Prüfung: 17. 12. 1968

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Problemstellung	1
Literatur	2
Versuchsanordnung	11
Methodik	13
Ergebnisse	16
A. Mittlere Reaktionszeiten für Zahn- ärzte und Praktikanten	17
B. Varianzanalytische Auswertung	21
a. Zahnärzte und Praktikanten	22
b. Praktikanten	
c. Zahnärzte	
Diskussion der Ergebnisse	34
Zusammenfassung	39
Literaturverzeichnis	40

Problemstellung

Seit Jahren suchen Zahnärzte nach neuen Wegen, ihre Arbeitsbedingungen in der Praxis zu verbessern. Krankheiten und körperliche Schäden vieler Zahnärzte, die als berufsbedingt angesehen werden, haben in einigen Ländern Bemühungen ausgelöst, die Praxis mehr nach rationellen Gesichtspunkten einzurichten.

Einen wesentlichen Bestandteil der von Zahnärzten geklagten Beschwerden stellen Belastung und Ermüdung des Haltungs- und Bewegungsapparates dar. In jüngster Zeit wird nun die sitzende Arbeitsweise, besonders in den Vereinigten Staaten, als wesentliche Entlastung gegenüber der Arbeit des Zahnarztes im Stehen propagiert.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen soll ein Vergleich zwischen sitzender und stehender Arbeitsweise in Bezug auf die Ermüdung und den Leistungsabfall des Zahnarztes angestellt werden.

Hierzu wurde eine Testmethode gesucht, die die Untersuchung eines größeren Personenkreises ermöglicht. Als Verkehrssicherheitstest hat die Reaktionszeitmessung zur Bewertung von Leistungsabfall und Ermüdung allgemein Anerkennung gefunden. So soll nun in dieser Arbeit versucht werden, mit Hilfe der Reaktionszeitmessung den Einfluß der sitzenden oder stehenden Arbeitsweise auf die Ermüdung der Zahnärzte zu messen.

Literatur

Die Arbeitsleistung eines Menschen ist nicht konstant und jeder Zeit in der gleichen Güte reproduzierbar. Sie wird durch innere und äußere Faktoren bestimmt (KOELSCH). Nicht nur die Umgebung, sondern auch die körperliche und geistige Veranlagung des Menschen nehmen Einfluß auf seine Leistung.

GRAF bezeichnet die vom biologischen Rhythmus abhängige und sich im Laufe des Tages ändernde Leistungsfähigkeit als physiologische Leistungsfähigkeit.

HOCHREIN und SCHLEICHER definieren die physiologische Leistung als Arbeit in der Zeiteinheit. Sie bildet einen koordinativen Gesamteffekt, an dem sowohl psychische als auch körperliche Leistungsanteile beteiligt sind.

Die Leistungsfähigkeit erklärt GRAF als Maximum der möglichen Leistung. Sie bildet einen auf der Grenze zwischen physiologischem und psychologischem Geschehen liegenden komplexen Begriff von Funktionsabläufen (KOELSCH). Nach LEHMANN sollen individuelle Unterschiede wiederum durch Leistungswillen, Disposition und Konstitution bedingt sein.

ATZLER behauptet, eine Ermüdung läge dann vor, wenn die Leistungsfähigkeit abnimmt. Die Erfahrung lehrt aber, daß die Leistung nicht abzunehmen braucht, obgleich sich immer mehr Ermüdungsstoffe in den nervösen Zentren anhäufen.

Gönnt man den Zentren zwischen zwei aufeinanderfolgenden Arbeitsphasen nicht genügend Ruhe, so kann sich der Organismus auf zweierlei Weise helfen: Entweder zieht er an Stelle der ermüdeten, benachbarte, noch frische Zentren heran, oder es werden stärkere Willensimpulse erteilt. So können z.B. Monate und Jahre vergehen, ehe sich eine chronische Schädigung auf die Leistungsfähigkeit auswirkt und sie wirklich beeinflußt. Die Definition der Ermüdung nach BARTLETT würde frei übersetzt etwa lauten: Der Begriff der Ermüdung kann gebraucht werden, um alle feststellbaren Veränderungen einer Aktivität zu kennzeichnen, welche auf die kontinuierliche Ausführung dieser Aktivität unter normalen Bedingungen zurückzuführen sind und entweder sofort, oder nach einiger Verzögerung zu Verschlechterung derselben führen. Laut HAIDER beinhaltet diese Definition alles, was wir auch in der Alltagssprache unter Ermüdung verstehen, wenn wir sie auf eine bestimmte Aktivität beziehen.

Demgegenüber gibt BETKE die Ermüdung als die akute und kontinuierliche Verminderung der objektiven, die Müdigkeit als die der subjektiven Leistungsbereitschaft an. Ermüdung ist eine Wirkung der Arbeitsdauer, Müdigkeit eine Wirkung der Arbeitsmonotonie. Demzufolge beginnt die Ermüdung bei den arbeitenden Gliedmaßen und dehnt sich von dort auf den gesamten Organismus aus. Die Ermüdung äußert sich in einer Verlangsamung der Bewegungen und des Arbeitstempos, wobei zu beachten ist, daß sie sich zur Übermüdung steigern kann.

ATZLER stellte fest, daß in manchen Fällen die Bewegungsform mit dem Einsetzen der Ermüdung ihren geordneten Charakter verliert. Echte Ermüdungskurven können nach MÜLLER in den Leistungsabläufen auch rein theoretisch dort erwartet werden, wo der Organismus wirklich bis an den Rand seiner maximalen Leistungsfähigkeit beansprucht wird. Dies liegt bei beruflicher Arbeitsleistung nur in den wenigsten Fällen vor.

Zweifelloos spielen auch Übung und Anpassung eine Rolle in der Frage der Ermüdung. Sie sind nach KOELSCH und RANKE die grundlegenden Voraussetzungen für jede erfolgreiche Arbeit. Übung bedeutet Zunahme der Leistung und Erleichterung des Aufwands. Es erfolgt dabei zunächst ein steiler Übungsanstieg, dann flacht der Kurvenverlauf immer mehr ab, um sich schließlich einem Endwert asymptotisch zu nähern (LEHMANN).

Diesen typischen Verlauf haben alle Anpassungserscheinungen an Arbeit. Es ist dabei gleichgültig, ob sie durch Zunahme der Muskelkraft, durch größere Gelenkigkeit, größere Ausdauer oder durch eine Verbesserung der Bewegungskoordination zustande kommen. Im Verlaufe eines Arbeitstages steigert sich die Übung mit dem Fortschreiten der Arbeit bis zur Ermüdungsgrenze. Eine weitere Übung tritt dann nicht mehr ein, sondern es findet eine Verminderung des Übungserfolges statt (KOELSCH).

Wichtig für die zahnärztliche Tätigkeit erscheint die Beschreibung des Geübten nach KOELSCH. Nach dieser Darstellung

eignet sich der Geübte gewisse äußere Hilfen an, wie zweckmäßige Arbeitsstellung und Handgriffe, rhythmische Gestaltung der Arbeit mit Zwischenschaltung kleinster Pausen. Er wird geschickter, sein Gesichtsfeld erweitert sich, seine Aufmerksamkeit verteilt sich auf einen größeren Umkreis, wodurch z.B. auch die Unfallgefährdung vermindert werden kann.

GRAF beschreibt die Bewegung als rhythmisch auftretende Bewegungs- und Bremsphasen, die durch alternierende Tätigkeit der Agonisten und Antagonisten entsteht. Um einen Bewegungsablauf mit einer bestimmten Geschwindigkeit zu erzielen, sind mindestens zwei entgegengesetzt angreifende Muskeln notwendig (LEHMANN).

Die Bewegungsgeschwindigkeit soll sich laut SCHMIDTKE in einem mittleren Greifbereich der Entfernung so anpassen, daß die Greifzeit konstant bleibt.

Schleuderbewegungen, die zwangsläufig die Folge wären, wenn nur ein Muskel arbeiten würde, werden durch die Tätigkeit der entgegengesetzt wirksamen Muskeln vermieden (LEHMANN). Die Bewegung erfolgt von einer Kontrollstation zur nächsten, wobei an jeder Kontrollstation eine Reaktionszeit abläuft, die als Zeit vom Auftreten eines Reizes bis zum Eintreten der vereinbarten Reaktion definiert ist (LEHMANN/FUCHS). Sie beträgt, die Angaben in der Literatur sind hier unterschiedlich im Durchschnitt etwa 1/10 sec. Bei Wahlreaktionen verlängert sich diese Zeit (LEHMANN). Durch Übung einer be-

wußten Kontrolltätigkeit wird die Bewegung sicherer, die Bewegungsgeschwindigkeit wird vergrößert, und die Zahl der Kontrollpunkte vermindert sich. Jeder Auffassungsakt eines Reaktionsanlasses hat als Grundbedingung ein gewisses Maß an Aufmerksamkeit, die nicht willensgesteuert sein muß. Sie kann vital gesteuert sein und als Reizansprechbarkeit oder Wachheit in Erscheinung treten (HEEGNER). Die Aufmerksamkeitslage vor der Reaktion entscheidet nach FUCHS über ihre Schnelligkeit und Richtigkeit.

Wahrnehmung und Reaktion werden auf unvermeidliche Störungen immer wieder vom Bewußtsein gesteuert. Typisches Beispiel hierfür ist das Autofahren (HEEGNER/LEONHARD). Dabei besteht eine unreflektierte Aufmerksamkeitsgrundspannung.

Letzteres wirkt eher störend und verzögernd.

Einen wesentlichen Einfluß auf das Reaktionsgeschehen übt die Konzentration des Menschen aus.

Konzentrationsenergien und -impulse werden aus allen Bereichen des psychophysischen Organismus gespeist. Betrachtet man die Konzentration als eine Höchstform der Aufmerksamkeit im Sinne der Funktionspsychologie, so sind insbesondere Wille und Intellekt neben gestaltenden Tendenzen die wirksamsten Komponenten. Es bleiben jedoch selbst bei der Ausrichtung und Einengung der Aufmerksamkeit auf Vorstellungsabläufe und Denkinhalte (wenn auch zumeist unbewußt und ohne erkennbare Äußerung), Antriebskräfte aus den Tiefenbereichen der Persönlichkeit mit im Spiel.

Zur Ermüdbarkeit der Konzentration schreibt MIERKE.

Der Übbarkeit der Aufmerksamkeit steht eine annähernd gleich starke Ermüdbarkeit gegenüber, einem raschen Übungsanstieg folgt zumeist ein entsprechend starker Ermüdungsverlust, einer aufs höchste angespannten Konzentration ein späteres starkes Nachlassen der Konzentrationsenergie.

Im übrigen lassen sich kaum allgemeingültige Regelmäßigkeiten auffinden, weil individuelle Varianten der Konzentrationsfähigkeit Stil- Zweck- und Reifeformen usw. keine generelle Ausdeutung der Ermüdungsphänomene gestatten.

Bei der ungeheuren Variabilität der Ermüdbarkeit und Erholungsfähigkeit wird die Festlegung einer oberen Grenze der zulässigen Arbeitsbelastung überhaupt immer nur mit statistischen Methoden und nicht aufgrund einzelner Experimente erfolgen können (LEHMANN). Bei allen Testmethoden verlangt man vom Körper vor und nach der Arbeit irgend eine Leistung und stellt fest, mit welcher Geschwindigkeit, Genauigkeit, Kraft und Ausdauer die Testleistung ausgeführt werden kann. Da also die Leistungsabnahme nach der Arbeit als Ermüdungszeichen gewertet wird, sind diese Methoden immer nur für bestimmte Fälle, aber nie allgemein anwendbar.

In die Gruppe von Tests, mit denen man in manchen Fällen ganz gut Resultate erzielen kann, reiht LEHMANN die Messung der Reaktionszeit ein. Ferner gibt er eine Unterteilung in Reflex- und Reaktionszeit an.

Reflexzeit ist die Zeit vom Moment des Reizes bis zum Eintritt der Zuckung. Je nach Entfernung vom Zentralorgan, also je nach der Länge der durchlaufenen Nervenbahn, etwa 30 bis 100 Millisekunden. Die Bewegungen aber, die zur Erreichung eines Reflexes auszuführen sind, werden vom Bewußtsein kontrolliert. Wenn die Bewegung nicht zum gewünschten Ziele führt, wird dies zur Kenntnis genommen. Dieses zur Kenntnis nehmen erfolgt auf verschiedenen Wegen. Einmal durch eine optische Kontrolle des Auges, unter Umständen ergänzt durch akustische Kontrollen, vor allem aber durch eine Kontrolle der Sinnesorgane der Hand.

Unter Reaktionszeit versteht man im Gegensatz zur Reflexzeit diejenige Zeit, die vom Auftauchen eines Signals bis zur Ausführung einer diesem Signal entsprechenden Bewegung vergeht. Die Dauer einer solchen Reaktionszeit liegt bei etwa 0,3 sec. Unter ungünstigen Verhältnissen ist sie erheblich länger.

Die Tatsache, daß das Sehen eine durchaus meßbare Zeit erfordert, spielt in arbeitsphysiologischer Beziehung (LEHMANN) eine erhebliche Rolle.

Dem Seheindruck entsprechend wird die Bewegung zunächst bewußt gesteuert. Der Bewegungsakt wird in Teilvorgänge aufgelöst. Aufgrund der Wahrnehmung erfolgt ein Bewegungsvorgang geringen Umfanges, darauf eine zweite Wahrnehmung zur

Kontrolle des Erreichten. Die für die Kontrolle benötigte Zeit kann dabei nicht herabgesetzt werden. Sie ist physiologisch durch die sogenannte optische Reaktionszeit festgelegt.

Eine einfache Reaktionszeit, z.B. die Zeit vom Aufglühen einer Lampe bis zu dem als Reaktion darauf erfolgenden Niederdrücken eines Schalthebels dauert etwa 0,189 sec.

Handelt es sich um eine Wahlreaktion, so wird sie verlängert. Begreiflicherweise wächst die Reaktionszeit mit der Kompliziertheit der auszuführenden Reaktionen, aber auch mit der Zahl der zur Verfügung stehenden Reaktionsmöglichkeiten.

SCHMIDTKE zeigte, daß bei gut geübten Versuchspersonen die Reaktionszeit nicht mehr wächst, wenn über eine Zahl von zwölf Möglichkeiten hinausgegangen wird. Dies ist allerdings nur so lange der Fall, als dabei keine wesentliche Ermüdung auftritt. Die Elemente einer optischen Reaktionszeit stellt LEHMANN in folgender anschaulicher Weise dar.

Elemente einer optischen Reaktionszeit nach LEHMANN :

Netzhaut	15	
Übergang	2	
Sehnerv	1	48 Empfindungslatenzzeit
	30	(Sensorischer Teil der
Gehirn	95	Reaktionszeit)
Rückenmark	6	
Motorische Nerven	8	141 Effektorischer Teil der
Muskellatenz	2	Reaktionszeit
Erregungsausbreitung	30	
189		(1/100 sec)

Die darin enthaltene Wahrnehmungszeit ist stark von der Beleuchtung abhängig und kann etwa von 0,05 - 1 sec variieren. Es ergibt sich also eine mittlere optische Reaktionszeit von 0,189 sec.

Versuchsanordnung

Der Fragestellung entsprechend soll in dieser Arbeit festgestellt werden, ob nach Ablauf eines Behandlungstages ein merklicher Unterschied in der Ermüdung zwischen sitzend bzw. stehend arbeitenden Zahnärzten besteht. Um die Untersuchung eines möglichst großen Personenkreises zu ermöglichen, wurde ein Test gewählt, der wirtschaftlich und in entsprechend kurzer Zeit durchführbar ist.

Das Testgerät besteht in einem geeichten Stab von einem Meter Länge, mit Zentimetereinteilung.

Die Versuchsperson hält, in sitzender Stellung, den Arm in lockerer, bequemer Haltung. Die rechte Hand ist dabei gespreizt, der rechte Daumen ist etwa in einem Winkel von 60 Grad zur Hand gespreizt und in waagrechter Haltung.

Eine zweite Person, stehend, hält den Stab in Höhe der Marke Null an die obere Handkante der Versuchsperson, ohne jedoch die Hand zu berühren.

Der Stab wird nun plötzlich, ohne daß es die Versuchsperson sieht, losgelassen. Die Versuchsperson muß den Stab fassen, sobald sie den Fall desselben bemerkt.

Der Weg, den der Stab bis zum Zugreifen zurückgelegt hat, kann in Zentimetern abgelesen werden.

Aus der Fallstrecke wird nach der Formel

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}}$$

unter Vernachlässigung des Luftwiderstandes, die Reaktionszeit " t " in Sekunden errechnet.

Beispiel:

$$t = \sqrt{\frac{2s}{g}} = \sqrt{\frac{2s}{981}} \quad \frac{\text{cm}}{\frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 16}{981}} \quad \frac{\text{cm sec}^2}{\text{cm}}$$

$$t = \sqrt{\frac{32}{981}} = \sqrt{0,0326 \text{ (sec}^2\text{)}} \quad g = 981 \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2} = 16 \text{ cm}$$

$$t = 0,181 \text{ sec}$$

$$s = 16 \text{ cm}$$

Methodik:



Das Bild zeigt das bei dem Test verwendete Gerät, einen Stab von einem Meter Länge mit Zentimetereinteilung. Die Versuchsperson hält, in sitzender Stellung, den rechten Arm in lockerer, bequemer Haltung. Die Hand ist dabei gestreckt. Eine zweite Person, stehend, hält den Stab in Höhe der Marke Null an die obere Handkante der Versuchsperson. Diese konzentriert sich ganz auf den Stab, der plötzlich losgelassen wird. Der Stab fällt und die Versuchsperson muß ihn fassen, sobald sie den Fall desselben bemerkt.

Der Test wurde bei normaler Zimmerbeleuchtung in den Praxisräumen der Zahnärzte durchgeführt. Die Versuchsanordnung wurde für alle Teilnehmer in gleicher Weise eingehalten. Sie wurde folgendermaßen getroffen:

An fünf aufeinanderfolgenden Tagen einer Woche wurde jede Versuchsperson morgens, vor Behandlungsbeginn, sowie abends nach Abschluß der Sprechstunde getestet.

Insgesamt also zehnmal.

Die Dauer eines Testdurchganges betrug etwa drei Minuten und umfaßte zwanzig Einzelaktionen. Innerhalb von drei Minuten mußte der Zahnarzt also zwanzigmal nach dem fallenden Stab greifen.

Um ein monotones, gewohnheitsbedingtes Zugreifen der Versuchsperson zu verhindern, wurde der Stab nicht in gleichen Abständen, sondern zeitlich willkürlich fallen gelassen.

Die Versuchsperson mußte sich also nach jedem Zugreifen wieder neu auf den Fall des Stabes konzentrieren. Untersucht wurden insgesamt dreißig Personen, davon achtzehn praktizierende Zahnärzte in ihrer eigenen Praxis und zwölf am Patienten arbeitende Praktikanten der Zahnheilkunde.

Das unterschiedliche Alter der Versuchsperson wurde dabei nicht berücksichtigt, jedoch wurde eine Unterteilung in Zahnärzte und Praktikanten getroffen.

In der Auswertung der Ergebnisse erfolgte eine Gegenüberstellung von acht im Sitzen und acht im Stehen arbeitenden Zahnärzten, sowie sechs im Sitzen und sechs im Stehen arbeitenden Praktikanten.

Ergebnisse:

Im Rahmen der Auswertung des gewonnenen Zahlenmaterials, wurden sämtliche, in Zentimetern gemessenen Werte nach der im Beispiel genannten Formel in Sekunden umgerechnet.

Dieser so gewonnene Sekundenwert entspricht der Reaktionszeit. Für jede Versuchsperson wurde nun die mittlere Reaktionszeit aus allen, über den Zeitraum von fünf Tagen gemessenen Werte errechnet. In einer Tabelle wurden diese Werte entsprechend der Versuchsanordnung in die Gruppen unterteilt:

Zahnärzte im Stehen	---	im Sitzen arbeitend
Praktikanten im Stehen	---	im Sitzen arbeitend

Tabelle 1 zeigt die Tagesmittelwerte der Reaktionszeiten der einzelnen Versuchspersonen, sowie die Mittelwerte einer gesamten Versuchsserie jeder Person.

$PB_1 A_1$	$PB_1 A_2$	$PB_2 A_1$	$PB_2 A_2$
o, 25	o, 26	o, 22	o, 25
24	25	25	24
24	24	21	23
24	24	24	25
24 o, 24	27 o, 25	23 o, 23	25 o, 24
o, 22	o, 24	o, 25	o, 26
22	23	23	24
21	22	24	25
22	24	24	25
22 o, 22	24 o, 23	23 o, 24	24 o, 25
o, 20	o, 21	o, 24	o, 25
21	22	23	26
21	23	23	25
20	21	24	25
21 o, 21	22 o, 22	22 o, 23	25 o, 25
o, 21	o, 23	o, 21	o, 23
21	23	22	23
22	22	22	23
20	22	22	23
21 o, 21	23 o, 23	22 o, 22	24 o, 23
o, 24	o, 25	o, 21	o, 22
23	23	21	21
22	22	22	23
23	23	21	23
22 o, 23	23 o, 23	21 o, 21	24 o, 24
o, 22	o, 24	o, 23	o, 24
22	23	22	24
21	22	21	24
21	22	22	23
22 o, 22	24 o, 23	21 o, 22	24 o, 24
o, 22 ₂	o, 23 ₅	o, 22 ₅	o, 23 ₂
PZ A ₁ o, 226 PZ A ₂ o, 235			

Tabelle 1: Tagesmittelwerte der Reaktionszeiten
der einzelnen Versuchspersonen, sowie
die Mittelwerte einer gesamten Ver-
suchsserie jeder Versuchsperson
(Praktikanten).

P = Praktikant

B₁ = stehende Behandlungsweise

A₁ = Vor Behandlungsbeginn

B₂ = sitzende Behandlungsweise

A₂ = Nach Behandlungsbeginn

$ZB_1 A_1$	$ZB_1 A_2$	$ZB_2 A_1$	$ZB_2 A_2$
o, 23	o, 25	o, 22	o, 23
24	26	22	23
24	25	23	23
23	24	22	24
23 o, 23 ₄	23 o, 25	22 o, 22 ₂	22 o, 23
o, 21	o, 24	o, 22	o, 23
22	23	24	23
23	24	21	23
22	23	22	23
22 o, 22 ₄	23 o, 24	23 o, 22 ₄	24 o, 23 ₂
o, 27	o, 27	o, 21	o, 22
24	25	23	23
25	26	23	23
25	26	21	23 o, 22 ₆
24 o, 25	25 o, 26	23 o, 22 ₂	22 o, 23
o, 24	o, 25	o, 24	o, 22
23	24	23	25
23	24	23	23
23 o, 23 ₂	24 o, 24	+ 23 o, 23 ₄	24 o, 23
o, 22	o, 23	o, 23	o, 24
21	23	21	23 o, 23 ₆
21 o, 21 ₃	22 o, 23	23 o, 22 ₃	24 o, 24
o, 21	o, 23	o, 25	o, 28
22	23	+ 24	26
23	24	25	
23	23	25	26
23 o, 22 ₄	23 o, 23	26 o, 24 ₂	25 o, 25
o, 24	o, 25	o, 27	o, 25
23	24	24	25
23	23	25	27
23	23	26	26 o, 25 ₈
23 o, 22 ₄	24 o, 24	25 o, 25 ₄	26 o, 26

$ZB_1 A_1$	$ZB_1 A_2$	$ZB_2 A_1$	$ZB_2 A_2$
0,23	0,23	0,21	0,22
24	23	22	24
23	23	22	22
23	23	21	22
23 0,23 ₂	25 0,23	21 0,21 ₄	22 0,22 ₄
0,22 ₈	0,23 ₈	0,22 ₉	0,23 ₆

Tabelle 2: Tagesmittelwerte der Reaktionszeiten der einzelnen Versuchspersonen, sowie die Mittelwerte einer gesamten Versuchsserie jeder Versuchsperson (Zahnärzte).

Z Zahnärzte

B_1 = stehende Behandlungsweise

A_1 = Vor Behandlungsbeginn

B_2 = sitzende Behandlungsweise

A_2 = Nach Behandlungsbeginn

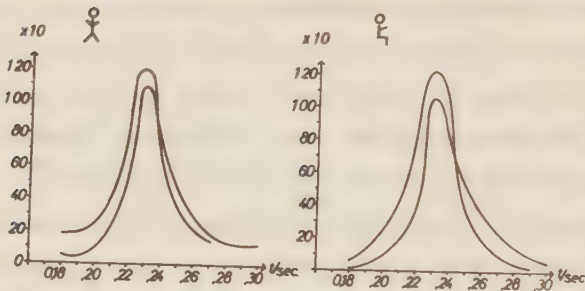
Sämtliche Reaktionszeitmessungen wurden graphisch in Verteilungskurven dargestellt. Die Kurven mit höherem Gipfel zeigen die Werte am Morgen. Die Kurven mit niedrigerem Gipfel stellen jeweils die nach Abschluß der Behandlungszeit gemessenen Werte dar. Hierbei ist ersichtlich, daß die Kurvenhöhen sowohl der im Sitzen, als auch der im Stehen arbeitenden Versuchspersonen annähernd gleich sind. Der am häufigsten auftretende Wert ist, wie aus der Zeichnung (Bild 2/3) deutlich ersichtlich, die Reaktionszeit von 0,23 sec. Diese entspricht der in Tabelle 1 errechneten mittleren Reaktionszeit von 0,226 sec am Morgen, vor der Behandlungszeit.

Die mittlere Reaktionszeit nach der Behandlungszeit beträgt 0,235 Sekunden.

An der graphischen Darstellung fällt auf, daß die Kurve (Bild 2) für die am Abend bei den Praktikanten gemessenen Werte, eine breitere Basis aufweist, als die entsprechende Kurve bei den Zahnärzten.

Der Mittelwert der Reaktionszeit nach der Behandlung bei den stehend Arbeitenden liegt sowohl bei den Zahnärzten, als auch bei den Praktikanten etwas höher.

Verteilungskurven von Reaktionszeit-Messungen Praktikanten



Verteilungskurven von Reaktionszeit-Messungen Zahnärzte

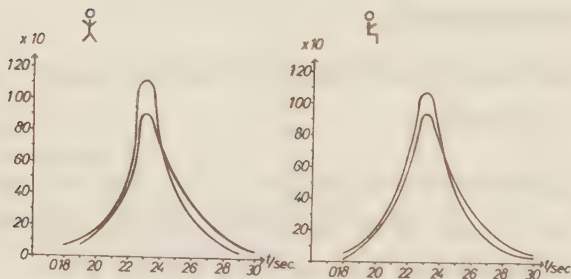
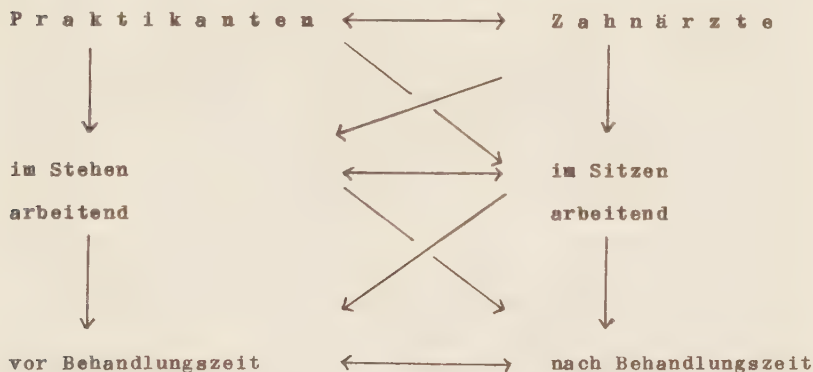


Abb. 2 u. 3:

Verteilungskurven von Reaktionszeitmessungen. Die Kurven mit den höheren Gipfeln stellen die Werte am Morgen dar, gegenüber den Werten mit niedrigeren Gipfeln am Abend. Auf der Abszisse sind die Reaktionszeiten in Sekunden, auf der Ordinate die Anzahl der gemessenen Einzelwerte aufgetragen.

Varianzanalytische Auswertung der Ergebnisse:

Über alle Daten wurde danach eine Versuchsauswertung auf der Basis der Varianzanalyse vorgenommen (MITTENECKER 1966). Zu diesem Zweck erfolgte eine Unterteilung in die Gruppen:



Die einzelnen Gruppen wurden gegenseitig in Beziehung gebracht und ihre Unterschiede zueinander berechnet. Als erstes wurde eine Auswertung von Zahnärzten und Praktikanten zusammen in einer Gruppe vorgenommen. Die hierzu erforderlichen Werte sind in den Tabellen 2 und 3 enthalten. In Tabelle 4 sind sie zur Berechnung zusammengestellt.

Um feststellen zu können, ob überhaupt signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen vorliegen, teilen wir die totale Quadratsumme in "Innerhalb (inn) und Zwischen (int)".

Danach werden die Wechselwirkungen zwischen den Versuchen, zwischen den Versuchspersonen, sowie zwischen stehender und sitzender Behandlungsweise ermittelt.

	B ₁ A ₁	B ₁ A ₂
	$\sum x = 1,33$	$\sum x = 1,39$
	$\sum x^2 = 0,2955$	$\sum x^2 = 0,3225$
P	N = 6	
	$\sum (B_1 A_1 + B_1 A_2)^2 = 1,2352$	
	$\sum x (A_1 + A_2) = 2,72$	
	$\sum x = 1,80$	$\sum x = 1,92$
	$\sum x^2 = 0,4056$	$\sum x^2 = 0,4616$
Z	N = 8	
	$\sum (B_1 A_1 + B_1 A_2) = 1,7322$	
	$\sum x (A_1 + A_2) = 3,72$	
	B ₂ A ₁	B ₂ A ₂
	$\sum x = 1,35$	$\sum x = 1,44$
	$\sum x^2 = 0,3043$	$\sum x^2 = 0,3460$
P	N = 6	
	$\sum (B_2 A_1 + B_2 A_2) = 1,2991$	
	$\sum x (A_1 + A_2) = 2,79$	
	$\sum x = 1,81$	$\sum x = 1,89$
	$\sum x^2 = 0,4107$	$\sum x^2 = 0,4477$
Z	N = 8	
	$\sum (B_2 A_1 + B_2 A_2) = 1,7158$	
	$\sum x (A_1 + A_2) = 3,70$	

Tabelle 4: Werte zur Berechnung der Varianzanalyse für Zahnärzte und Praktikanten.

P = Praktikant B₁ = stehende Behandlungsweise
 z = Zahnarzt A₁ = Vor Behandlungsbeginn
 B₂ = sitzende Behandlungsweise
 A₂ = Nach Behandlungsbeginn

Die Varianzanalyse bei Planversuchen wurde nach den Angaben von MITTENECKER 1966 durchgeführt.

$B_1 \quad A_1$		$B_1 \quad A_2$		P	
x	$\sum x$	x^2	$\sum x^2$	x	$\sum x$
0,24		0,0576		0,25	0,0625
0,22		0,0484		0,23	0,0529
0,21		0,0441		0,22	0,0484
0,21		0,0441		0,23	0,0529
0,23		0,0529		0,23	0,0529
0,22		0,0484		0,23	0,0529
	1,33		0,2955		1,39
					0,3225
					1,2352
				$\sum x (A_1 + A_2) = 1,33 + 1,39 = 2,72$	
$B_2 \quad A_1$		$B_2 \quad A_2$		P	
x	$\sum x$	x^2	$\sum x^2$	x	$\sum x$
0,23		0,0529		0,24	0,0576
0,24		0,0576		0,25	0,0625
0,23		0,0529		0,25	0,0625
0,22		0,0484		0,23	0,0529
0,21		0,0441		0,23	0,0529
0,22		0,0484		0,24	0,0576
	1,35		0,3043		1,44
					0,3460
					1,2991
	2,68		0,5998		2,83
	2,682	7,1824			2,732
					8,0089
					$\sum x (A_1 + A_2) = 1,35 + 1,44 = 2,79$
					$\sum x^2 = 1,2683$
					$(\sum x)^2 = 30,3601 = 5,512$

Tabelle 3: Zusammenstellung der gewonnenen Mittelwerte für
Praktikanten zur Varianzanalytischen Auswertung.

$B_1 \quad A_1$		$B_1 \quad A_2$		Z	
x	$\sum x$	x^2	$\sum x^2$	x	$\sum x$
0,21		0,0441		0,23	
0,23		0,0529		0,24	
0,24		0,0576		0,26	
0,22		0,0484		0,24	
0,23		0,0529		0,25	
0,22		0,0484		0,23	
0,22		0,0484		0,24	
0,23		0,0529		0,23	
	1,80		0,4056		1,92
					0,4616
					1,7322
					$\sum x \cdot (A_1 + A_2) = 1,80 + 1,92 = 3,72$
$B_2 \quad A_1$		$B_2 \quad A_2$		Z	
x	$\sum x$	x^2	$\sum x^2$	x	$\sum x$
0,22		0,0484		0,23	
0,22		0,0484		0,23	
0,22		0,0484		0,23	
0,22		0,0484		0,24	
0,23		0,0529		0,23	
0,24		0,0576		0,25	
0,25		0,0625		0,26	
0,21		0,0441		0,22	
	1,81		0,4107		1,89
					0,4477
					1,7158
	3,61		0,8163		3,81
	$3,61^2 = 13,0321$				$3,81^2 = 14,5161$
					$\sum x \cdot (A_1 + A_2) = 1,81 + 1,89$
					$\sum x^2 = 1,7256$
					$(\sum x)^2 = 55,0564 = 7,42^2$

Tabelle 4: Zusammenstellung der gewonnenen Mittelwerte für Zahnärzte zur Varianzanalytischen Auswertung.

Varianzanalyse der Reaktionszeiten von Praktikanten und Zahnärzten zusammengefaßt:

$$QS_{\text{tot}} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}$$

$$QS_{\text{tot}} = 2,9939 - \frac{12,93^2}{56}$$

$$= 2,9939 - 2,98544$$

$$QS_{\text{tot}} = 0,008455$$

$$QS_{\text{inn}} = \sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{N_1} + \sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{N_2}$$

$$QS_{\text{inn}} = 1,2683 - 1,2661 + 1,7256 - 1,7218$$

$$QS_{\text{inn}} = 0,0060$$

Ermittlungen der Quadratsumme für die Berechnung des Varianzanteiles "zwischen den Versuchen" (früh/abends):

$$QS_{\text{Zw.Vers.}} = \frac{\sum (x_{B_1 A_1} + x_{B_2 A_1})^2}{N_1} + \frac{\sum (x_{B_1 A_1} + x_{B_2 A_2})^2}{N_2}$$

$$(\text{früh/abends}) \quad - \frac{(\sum x)^2}{N}$$

$$QS_{\text{Zw.Vers.}} = \frac{6,29^2}{28} + \frac{6,64^2}{28} - \frac{12,93^2}{56}$$

$$= 2,98763 - 2,98544$$

$$QS_{\text{Zw.Vers.}} = 0,00219$$

Ermittlungen der Quadratsumme für die Berechnung des
Varianzanteils "zwischen den Versuchspersonen"

(Praktikanten/Zahnärzte):

$$QS_{Zw.Vpn.} = \frac{\sum (xB_1A_1)^2 + \sum xB_1A_2)^2}{N_2} + \frac{\sum (xB_2A_1)^2 + \sum (xB_2A_2)^2}{N_2} - \frac{(\sum x)^2}{N}$$

$$QS_{Zw.Vpn.} = \frac{2,5343}{2} + \frac{3,4480}{2} - \frac{12,93^2}{56}$$

$$QS_{Zw.Vpn.} = 2,99115 - 2,98544$$

$$QS_{Zw.Vpn.} = 0,00571$$

Ermittlungen der Quadratsumme für die Berechnung des
Varianzanteils "zwischen den Arbeitshaltungen"

(stehend/sitzend):

$$QS_{Zw.A.} = \frac{(\sum xB_1A_1 + \sum xB_1A_2)^2}{N_1} + \frac{(\sum xB_2A_1 + \sum xB_2A_2)^2}{N_1} - \frac{(\sum x)^2}{N}$$

$$(stehend/sitzend) - \frac{(\sum x)^2}{N}$$

$$QS_{Zw.A.} = \frac{6,44^2}{28} + \frac{6,49^2}{28} - 2,98544$$

$$= 2,985489 - 2,98544$$

$$QS_{Zw.A.} = 0,000049$$

$$QS_{int.} = QS_{tot} - QS_{Zw.Vpn.} - QS_{Zw.Vers.}$$

$$= 0,008455 - 0,00571 - 0,00219$$

$$QS_{int.} = 0,000555$$

Ermittlungen der Signifikanz der einzelnen Varianzanteile:

Herkunft	QS	df	QS/df	F-Bruch	P
Zw.Vers.	0,00219	1	0,00219	106,56934	< 0,01
Zw.Vpn.	0,00571	27	0,0002115	10,29197	< 0,01
int.	0,000555	27	0,00002055		
Zw.A.	0,000049	55	0,0000089	0,712	> 0,05
Innerhalb	0,0060	48	0,000125		

Aus den Ermittlungen ergibt sich:

1. Die Reaktionszeiten sind am Morgen vor Behandlungsbeginn signifikant besser als am Abend nach Abschluß der Behandlungzeit ($p < 0,01$)
2. Die Versuchspersonen unterscheiden sich früh und abends untereinander signifikant in ihren Reaktionszeiten ($p < 0,01$)
3. Es treten keine signifikanten Unterschiede der Reaktionszeiten zwischen stehender und sitzender Arbeitshaltung auf.

Varianzanalyse über die Reaktionszeiten der
Praktikanten.

$$\begin{aligned} QS_{\text{tot}} &= \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N} \\ QS_{\text{tot}} &= 1,2683 - \frac{5,51^2}{24} \\ &= 1,2683 - 1,2650 \end{aligned}$$

$$QS_{\text{tot}} = 0,0033$$

Ermittlung der Quadratsumme für die Berechnung des
Varianzanteils "zwischen den Versuchspersonen"
(stehend/sitzend):

$$\begin{aligned} QS_{\text{Zw.Vpn.}} &= \frac{\sum (xB_{1A_1})^2 + \sum (xB_{1A_2})^2}{N_1} + \frac{\sum (xB_{2A_1})^2 + \sum (xB_{2A_2})^2}{N_2} \\ &\quad - \frac{(\sum x)^2}{N} \\ QS_{\text{Zw.Vpn.}} &= \frac{1,2352}{2} + \frac{1,2991}{2} - 1,2650 \\ &= 1,2671 - 1,2650 \end{aligned}$$

$$QS_{\text{Zw.Vpn.}} = 0,0021$$

Ermittlungen der Quadratsumme für die Berechnung des
Varianzanteils "zwischen den Versuchen"
(früh/abends):

$$\begin{aligned} QS_{\text{Zw.Vers.}} &= \frac{\sum (xB_{1A_1} + xB_{2A_1})^2}{N_1} + \frac{\sum (xB_{1A_2} + xB_{2A_2})^2}{N_2} \\ &\quad - \frac{(\sum x)^2}{N} \\ QS_{\text{Zw.Vers.}} &= \frac{2,68^2}{12} + \frac{2,83^2}{12} - \frac{5,51^2}{24} \\ &= 1,265941 - 1,2650 \\ QS_{\text{Zw.Vers.}} &= 0,000941 \end{aligned}$$

Ermittlung der Quadratsumme für die Berechnung des
 Varianzanteils "zwischen den Arbeitshaltungen"
 (stehend/sitzend):

$$QS_{Zw.A.} = \frac{(\sum x_{B_1 A_1} + \sum x_{B_1 A_2})^2}{N_1} + \frac{(\sum x_{B_2 A_1} + \sum x_{B_2 A_2})^2}{N_2} - \frac{(\sum x)^2}{N}$$

$$QS_{Zw.A.} = \frac{2,72^2}{12} + \frac{2,48^2}{12} - \frac{5,51^2}{24}$$

$$= 1,26517 - 1,2650$$

$$QS_{Zw.A.} = 0,00017$$

$$QS_{inn} = \sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{N_1} + \sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{N_2}$$

$$QS_{inn} = 0,5998 - 0,5985 + 0,6685 - 0,6674$$

$$QS_{inn} = 0,0024$$

$$QS_{int.} = QS_{tot} - QS_{Zw.Vpn.} - QS_{Zw.Vers.}$$

$$QS_{int.} = 0,0033 - 0,0021 - 0,000941$$

$$QS_{int.} = 0,000259$$

**Ermittlungen der Signifikanz der einzelnen Varianz-
anteile:**

Herkunft	QS	df	QS/df	F-Bruch	P
Zw.Vers.	0,00094	1	0,00094	39,932	< 0,01
Zw.Vpn.	0,0021	11	0,0001909	8,1095	< 0,01
int.	0,000259	11	0,0000235		
Zw.A.	0,00017	11	0,0000909	0,37875	> 0,05
Innerhalb	0,0024	10	0,00024		

Aus den Ermittlungen ergibt sich:

1. Die Reaktionszeiten sind früh vor Behandlungsbeginn
signifikant besser als abends nach Abschluß des
Behandlungstages ($p < 0.01$)
2. Die Praktikanten unterscheiden sich früh und abends
untereinander signifikant in ihren Reaktionszeiten
($p < 0.01$)
3. Keine signifikanten Unterschiede der Reaktionszeiten
treten zwischen stehender und sitzender Arbeitshaltung
auf.

Varianzanalyse über die Reaktionszeiten der Zahnärzte:

$$QS_{\text{tot}} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}$$

$$QS_{\text{tot}} = 1,7256 - \frac{7,42^2}{32}$$

$$= 1,7256 - 1,72051$$

$$QS_{\text{tot}} = 0,00509$$

Ermittlungen der Quadratsumme für die Berechnung des Varianzanteils "zwischen den Versuchen"

(früh/abends):

$$QS_{\text{Zw.Vers.}} = \frac{\sum (xB_{1A_1} + xB_{2A_1})^2}{N_1} + \frac{\sum (xB_{1A_2} + xB_{2A_2})^2}{N_2} - \frac{(\sum x)^2}{N}$$

$$QS_{\text{Zw.Vers.}} = \frac{3,61^2}{16} + \frac{2,81^2}{16} - \frac{7,42^2}{32}$$

$$= 1,72176 - 1,72051$$

$$QS_{\text{Zw.Vers.}} = 0,00125$$

Ermittlungen der Quadratsumme für die Berechnung des Varianzanteils "zwischen den Versuchspersonen"

(früh/abends):

$$QS_{\text{Zw.Vpn.}} = \frac{\sum (xB_{1A_1})^2 + \sum (xB_{1A_2})^2}{N_1} + \frac{\sum (xB_{2A_1})^2 + \sum (xB_{2A_2})^2}{N_2} - \frac{(\sum x)^2}{N}$$

$$QS_{\text{Zw.Vpn.}} = \frac{1,7322}{2} + \frac{1,7158}{2} - 1,72051$$

$$= 1,7240 - 1,72051$$

$$QS_{\text{Zw.Vpn.}} = 0,0035$$

Ermittlungen der Quadratsumme für die Berechnung
des Varianzanteils "zwischen den Arbeitshaltungen"
(stehend/sitzend):

$$QS_{Zw.A.} = \frac{(\sum x_{B_1 A_1} + \sum x_{B_2 A_2})^2}{N_1} + \frac{(\sum x_{B_1 A_1} + \sum x_{B_1 A_2})^2}{N_2} - \frac{(\sum x)^2}{N}$$

$$QS_{Zw.A.} = \frac{3,70^2}{16} + \frac{3,72^2}{16} - \frac{7,42^2}{32}$$

$$= 1,7205 - 1,7205$$

$$QS_{Zw.A.} = 0$$

$$QS_{inn} = \sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{N_1} + \sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{N_2}$$

$$= 1,7256 - 1,721825$$

$$QS_{inn} = 0,003708$$

$$QS_{int.} = QS_{tot} - QS_{Zw.Vpn.} - QS_{Zw.Vers.}$$

$$= 0,00509 - 0,00125 - 0,00350$$

$$QS_{int.} = 0,00034$$

Ermittlungen der Signifikanz der einzelnen Varianzanteile:

Herkunft	QS	df	QS/df	F-Bruch	P
Zw.Vers.	0,00125	1	0,00125	55,3	< 0,01
Zw.Vpn.	0,0035	15	0,000233	10,3	< 0,01
int.	0,00034	15	0,0000226		
Zw.A.	0,				
Innerhalb	0,003708	28			

Aus den Ermittlungen ergibt sich:

1. Die Reaktionszeiten sind früh vor Behandlungsbeginn
signifikant besser als abends nach Abschluß des
Behandlungstages ($p < 0.01$)
2. Die Zahnärzte unterscheiden sich früh und abends
untereinander signifikant in ihren Reaktionszeiten
($p < 0.01$)
- 3.) Kein signifikanter Unterschied der Reaktionszeiten be-
steht zwischen stehender und sitzender Arbeitshaltung.

Diskussion

Bei der varianzanalytischen Auswertung des gemessenen Zahlenmaterials konnten signifikante Unterschiede hinsichtlich der Reaktionszeiten zwischen morgens und abends, zwischen den Versuchen und zwischen den Versuchspersonen festgestellt werden. Hinsichtlich der Reaktionszeiten zwischen sitzender bzw. stehender Arbeitsweise ergab sich kein signifikanter Unterschied.

Zu den Ergebnissen in Bezug auf die Reaktionszeitschwankungen bei sitzender bzw. stehender Arbeitsweise, als eines der Symptome der Ermüdung, nach Ablauf eines Arbeitstages in der zahnärztlichen Praxis kann festgestellt werden:

Zur Reaktionszeit.

Zahnärzte und Praktikanten gemeinsam wiesen morgens eine mittlere Reaktionszeit von 0,226 sec auf. Dieser Wert entspricht der von LEHMANN angegebenen optischen Reaktionszeit und wurde aus über 5000 gemessenen Einzelwerten ermittelt.

LEHMANN gibt nach seinen Ermittlungen eine optische Reaktionszeit von 0,189 sec. an. Die darin enthaltene Wahrnehmungszeit ist nach seinen Angaben stark von äußeren Faktoren, wie der Beleuchtung abhängig und kann etwa von 0,05 bis 1 sec. variieren.

Die Aufmerksamkeitslage vor der Reaktion entscheidet über ihre Schnelligkeit und Richtigkeit (FUCHS).

Dabei besteht nach HEEGNER und LEONHARD eine unreflektierte, automatisierte Aufmerksamkeitsgrundspannung.

Bei den Versuchen zeigte sich, daß diese Spannung, der Stab wurde in zeitlich unregelmäßigen Abständen fallen gelassen, bei einzelnen Versuchspersonen so groß war, daß sie sich oft in einem vorzeitigen Zucken der Hand und Zugreifen nach dem Stab entlud.

Das Bewußtsein, sagt LEHMANN, ist immer bereit zum Einspringen. Es wirkt nach FUCHS dabei eher störend und verzögernd, im Gegensatz zum Vollzug automatisierter Reaktionen, die an Wachheit gebunden sind.

Psychische Einflüsse, Medikamente, Coffein, Nikotin, Schlaflosigkeit, ferner klimatische Verhältnisse wie Temperatur, Feuchtigkeit, Luftdruck usw., können die Aufmerksamkeitslage beeinflussen. Aufgrund dieser Faktoren, die zudem nicht erfaßbar sind, war eine Abweichung von den mittleren Reaktionswerten durchaus zu erwarten.

Im Laufe der Versuche zeigt sich, daß in Einzelfällen Versuchspersonen an bestimmten Tagen (z.B. montags), abends manchmal ähnliche Werte, in Ausnahmefällen so-

gar bessere Werte als am Morgen erzielen konnten. Dies deckt sich mit dem Ergebnis psychologischer Ermüdungsmessungen, daß auch der Ermüdete z.B. bei Reizeinflüssen oder Aufgabestellungen wieder dasselbe Motivations- und Leistungsniveau erreichen kann, wie im frischen Zustand. Über längere Zeit kann er dieses Niveau nicht aufrecht erhalten.

Graphisch dargestellt ergibt sich eine Gauß'sche Verteilungskurve, die morgens höher und steiler, abends dagegen niedriger verläuft. Ferner weist letztere eine wesentlich breitere Basis auf, die deutlich nach rechts verschoben ist. Es ergeben sich also abends weit mehr höhere Werte. Die mittlere Reaktionszeit liegt dabei etwa um $0,007 - 0,013$ sec höher als am Morgen. Es ist anzunehmen, daß dieser Wert abends in Wirklichkeit noch etwas höher liegen dürfte. Da die Versuchspersonen wußten, worum es sich bei diesem Test handelt, können Ehrgeiz und Willenseinfluß wesentlich im Sinne einer Verbesserung auf das Ergebnis eingewirkt haben.

Konzentrationsimpulse werden in allen Bereichen des psychophysischen Organismus gespeist. Betrachtet man laut MIERKE, die Konzentration als eine Höchstform der Aufmerksamkeit im Sinne der Funktionspsychologie, sind insbesondere Wille und Intellekt neben gestaltenden Tendenzen die wirksamsten Komponenten.

Daß die Reaktionszeit abends verlängert ist, deckt sich mit der Feststellung SCHMIDTKES, daß sich z.B. vierstündige psychische beanspruchenden Tätigkeit in der Reaktionszeit im Sinne eines Übungsabbaues auswirkt. Also eine ermüdungsbedingte Reaktionszeitverlagerung.

Weiter wurde festgestellt, daß die Reaktionszeiten hinsichtlich der Versuchspersonen untereinander einen signifikanten Unterschied aufweisen.

Entscheidend hierfür ist sicher die individuell unterschiedliche Reaktionsbereitschaft. Dabei konnte beobachtet werden, daß das Alter nicht unbedingt ausschlaggebend für die Reaktionszeit zu sein braucht.

Es zeigte sich, daß ältere Zahnärzte oftmals sogar bessere Reaktionszeiten hatten als um 10 oder 15 Jahre jüngere Kollegen. Dagegen scheint die zahnärztliche Tätigkeit Praktikanten stärker anzustrengen, als praktizierende Zahnärzte.

Die Gauß'sche Verteilungskurve weist bei Praktikanten abends eine breitere Basis auf, als die der Zahnärzte. Dies bestätigt die Feststellung von KOELSCH und RANKE, daß Übung und Anpassung erheblich bei der Ermüdung mitwirken. Sie sind Voraussetzung für jede erfolgreiche Arbeit.

Übung bedeutet Zunahme der Leistung und Erleichterung des Arbeitsaufwandes. Ein weniger Geübter muß wesentlich mehr Energie auf seine Konzentration bei diffizilen Arbeiten verwenden. Hinsichtlich der Reaktionszeit zwischen stehend und sitzend arbeitenden Zahnärzten konnte in der varianzanalytischen Versuchsauswertung kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Diese Feststellung ergab sich übereinstimmend bei der Auswertung dreier Gruppen. Bei den Praktikanten, den Zahnärzten, sowie Zahnärzten und Praktikanten zusammenge-
men.

Signifikante Unterschiede zeigten sich jedoch zwischen den Versuchspersonen hinsichtlich ihrer Reaktionszeiten. Dieses Ergebnis ist nach Literaturberichten zu erwarten und deckt sich mit der Aussage SCHMIDTKES.

Dieser stellte hochsignifikante Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Reaktionszeiten verschiedener Versuchspersonen fest. Durch die Unterschiede zwischen den Versuchspersonen wird dabei ein großer Teil der Fehlerstreuung abgedeckt.

Ein weiterer signifikanter Unterschied ergibt sich in Bezug auf die Reaktionszeitwerte morgens vor der Behandlungszeit und nach Abschluß des Behandlungstages am Abend.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, an Hand von Reaktionszeitmessungen eine unterschiedliche Ermüdung bei Zahnärzten in sitzender bzw. stehender Arbeitshaltung festzustellen.

Die Untersuchungen wurden an insgesamt dreißig Personen, davon achtzehn praktizierenden Zahnärzten in ihren Praxen und zwölf Praktikanten der Zahnmedizin durchgeführt.

Bei der varianzanalytischen Auswertung des gewonnenen Zahlenmaterials konnten signifikante Unterschiede hinsichtlich der Reaktionszeiten zwischen morgens und abends, zwischen den Versuchen und zwischen den Versuchspersonen festgestellt werden.

Hinsichtlich der Reaktionszeiten zwischen sitzender bzw. stehender Arbeitsweise ergab sich kein signifikanter Unterschied.

Der Reaktionszeittest mit dem Fallstab erwies sich dabei als ein brauchbares Verfahren.

Literaturverzeichnis

- ANTHONY, A. Leistung, Ermüdung, Übermüdung
Dtsch.med.Wschr. 67, 1327 (1941)
- ATZLER, E. Physiologie der Ermüdung
Z.bl.Gewerbehyg. (Berlin) 1, 1 (1927)
- ASCHER, L. Bewegungsstudie und Ermüdung
Z.bl.Gewerbehyg. (Berlin) 1, 66 (1927)
- BETKE, H. Arbeit und Ermüdung, Ermüdungs-
gleich, Erholung
Z.bl.Gewerbehyg. (Berlin) 1, 28 (1927)
- BILLS, A.G. The Psychology of Efficiency
Harper and Brothers Publishers
New York/London (1943)
- BRIEGER, E. Ein hämatologischer Beitrag zur
Ermüdungsfrage
Z.bl.Gewerbehyg. (Berlin) 1, 73 (1927)
- FUCHS, O. The Psychology of Halstaccording
Publ.Phil.Series Nr. 8 (1952)
- GRAF, O. Schwankungen der Leistungsfähigkeit
während des Tages und die Frage einer
physiolog.Arbeitskurve
Arbeitsphysiologie 7, 358 (1934)
- HAIDER, M. Ermüdung, Beanspruchung und Leistung
Franz Deuticke Verlag Wien (1962)
- HARNDT, R. Untersuchungen zur Bewertung des
modernen Arbeitsplatzes.
Dtsch.zahnärztl.Z. 22, 434, (1967)

- HOCHREIN, M.
und SCHLEICHER Erschöpfung - ein klinisches Phänomen
Med.Klin. 54, 1120 (1959)
- KOELSCH, F. Lehrbuch der Arbeitsmedizin Band I
allgem. Physiologie
Ferdinand Eucke Verlag Stuttgart (1963)
- KOERBER, E. Über die Arbeitshaltung des Zahnarztes
Dtsch. Zahnärzte Kal. 16, 226 (1961)
- LEHMANN, G. Methodische Bemerkungen zur Ermüdungs-
frage
Z.bl. Gewerbehyg. (Berlin) 1, 10 (1927)
- LEHMANN, G. Praktische Arbeitsphysiologie
Georg Thieme Verlag Stuttgart (1962)
- LEHOTSKY, B. Zu ergonom. Fragen in der neuzeitl.
Praxis
Zahnärztl. Welt 7, 241 (1966)
- LIENERT, G. Belastung und Regression
Psychologia Universalis 7, 20 (1964)
- MAYER, A. Die Arbeitsstellung des Zahnarztes und
die dazu erforderlichen Geräte
Zahnärztl. Mitt. 15, 688 (1965)
- MIERCKE, K. Konzentrationsfähigkeit und Konzen-
trationsschwäche
H. Huber Verlag, (Bern) E. Klett Stutt-
gart (1957)
- MITTENECKER, E. Planung und statistische Auswertung
von Experimenten
Franz Deuticke Verlag (Wien) S. 127 ff
(1966)
- NOACK, G. Über die Ergebnisse einer Umfrage zur
Feststellung der zahnärztlichen Be-
handlungsstellungen
Quintessenz 1, 1-6 (1962)

- PRIESTER, E.S. Ermüdung in der zahnärztlichen Praxis
Zahnärztl.Mitt. 18, 832 (1961)
- RIESSNER, F.E. Das Problem der sitzenden Arbeitsweise
Zahnärztl.Welt 7, 247 (1966)
- SACHSENBERG, E. Ergebnisse wissenschaftl.Forschung
auf dem Gebiet der Ermüdung und ihre
Anwendbarkeit auf die Praxis
Z.bl.Gewerbehyg. (Berlin) 1, 46 (1927)
- SCHMIDTKE, H. Untersuchungen über die Reaktionszeit
bei Dauerbeobachtung
Arb.Max-Planck-Inst. (Köln)
FB Nr. 1360 (1964)
- SCHÖN, F. Der moderne Arbeitsplatz des Zahnarztes
Dtsch.zahnärztl.Z. 22, 428 (1967)
- SIMONSON, E. Erholung nach körperl.Arbeit und Metho-
den ihrer Messung
Z.bl.Gewerbehyg. (Berlin) 1, 79 (1927)
- TAMMOSCHEIT, U.G. Die sitzende Arbeitshaltung
Zahnärztl.Rdsch. 12, 427 (1964)
- TISMER, E. Zur Methodik und arbeitsprognostischen
Anwendung eines psychomotorischen Test-
verfahrens
DLR FB 65-27 (1965)

Am Schluß meiner Arbeit möchte ich Herrn
Universitätsdozent Dr.Dr. R. Harndt für die
Überlassung des Themas und seine in reichem
Maße erteilte Anleitung meinen ganz beson-
deren Dank aussprechen.

Mein Dank gilt auch dem Zahnärztlichen Be-
zirksverband Mittelfranken für die groß-
zügige Unterstützung beim experimentellen
Teil dieser Arbeit.

Lebenslauf

Am 26.3.1943 wurde ich als Sohn des Kaufmanns Heinrich Kieltsch und seiner Ehefrau Rosa-Maria Kieltsch, geb. Belasini, in Lenggries/Obb. geboren.

1949 trat ich in die Volksschule in Lenggries ein.
1953 wechselte ich in die Oberrealschule in Bad-Tölz über und verließ diese Schule 1962 nach Besuch von neun Jahren mit dem Zeugnis der Reife.

Seit dem 6.11.1962 studierte ich an der Universität Erlangen-Nürnberg Zahnmedizin.

Am 18.7.1968 habe ich das Studium mit dem Staatsexamen abgeschlossen.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
